

(1) Japanese Patent Application Laid-Open No. 11-135449 (1999)
"HEAT-TREATMENT DEVICE AND LIGHT-IRRADIATING DEVICE
THEREFOR"

The following is English translation of an extract from the above-identified
5 document relevant to the present application.

On the other hand, as shown in Fig. 2, in a multilayer mirror structure 110, four photodetectors (to be exact, light receiving portions of the photodetectors) PS1-PS4 which individually receive light from four spherical lamps BL1-BL4, respectively, are provided. Among these, a first photodetector PS1 adjoins the
10 spherical lamp BL1 of the smallest size, and is in the space of a center portion G1 of a smallest mirror 101 of the multilayer mirror structure 110, and the remaining photodetectors PS1-PS4 adjoin the spherical lamps BL2-BL4, respectively, in mutual intervals G2-G4 between reflective mirrors 101-104. These photodetectors PS1-PS4 are provided in order to respectively monitor emission state of the spherical
15 lamps BL1-BL4, and light received by them is transmitted to a photoelectrical conversion circuit 51 (Fig. 1) to be described later by four optical fibers comprising an optical fiber bundle F.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-135449

(43)公開日 平成11年(1999)5月21日

(51)Int.Cl.⁶

H 01 L 21/26

識別記号

F I

H 01 L 21/26

J

T

審査請求 未請求 請求項の数 7 OL (全 12 頁)

(21)出願番号

特願平9-300196

(22)出願日

平成9年(1997)10月31日

(71)出願人 000207551

大日本スクリーン製造株式会社

京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁

目天神北町1番地の1

(72)発明者 村岡 祐介

滋賀県野洲郡野洲町大字三上字ロノ川原

2426番1 大日本スクリーン製造株式会社

野洲事業所内

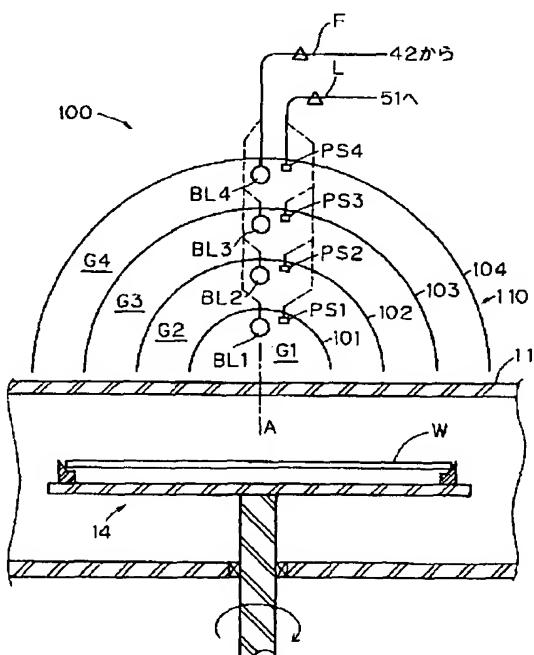
(74)代理人 弁理士 吉田 茂明 (外2名)

(54)【発明の名称】 热処理装置およびそのための光照射装置

(57)【要約】

【課題】 ランプからの光照射による基板の熱処理装置において、基板の熱分布の空間的均一性を確保するとともに、ランプ劣化を早期に発見すること。

【解決手段】 サイズが異なる半球状の反射ミラー101～104を、相互に間隔を隔てて配置し、多層ミラー構造110とする。中心部G1およびミラー間の間隔空間G2～G4には、個別に発光量が調整される複数のランプBL1～BL4が配置され、それらに対応して光センサPS1～PS4が設けられている。各ランプBL1～BL4からの光は多層ミラー構造110内で互いに分離されたまま反射し、基板Wの同心円状の各エリアに照射される。これらのエリアは円形基板の外形に対応した対称性を有するため、ランプBL1～BL4を個別に制御することにより、円形基板で生じやすい同心円状の温度分布を有效地に補償可能である。光センサPS1～PS4によって、各ランプBL1～BL4の劣化は個別に検知される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】光の照射によって基板の熱処理を行う装置であって、

(a) 前記基板の外形に応じた形状を有し、かつサイズが互いに異なる複数の反射ミラーが互いに間隔を隔ててサイズ順に同心に積層配置されてなる多層ミラー構造と、

(b) 前記複数の反射ミラーのうちの最小ミラーの中心部付近と前記間隔とのそれぞれに分散配置された複数の発光体と、

(c) 前記発光体ごとまたは前記複数の発光体の部分集合ごとに、各発光体からの発光量を調整する発光量調整手段と、を備え、

前記複数の発光体からの光を前記複数の反射ミラーでそれぞれ反射させて、前記基板の同心状の複数のエリアへそれぞれ照射することを特徴とする基板の熱処理装置。

【請求項2】請求項1の熱処理装置において、

(d) 前記基板の前記複数のエリアのそれぞれの温度を計測する温度計測手段、をさらに備え、

前記発光量調整手段は、

(e-1) 前記温度計測手段によって測定された前記複数のエリアの温度と所定の目標温度との偏差に基づいて、前記複数の発光体のそれぞれへの発光電力を調整するフィードバック制御手段を備えることを特徴とする熱処理装置。

【請求項3】請求項1または請求項2の熱処理装置において、

(e) 前記多層ミラー構造に付随して配置され、前記複数の発光体の発光状態を個別に検出する複数のセンサと、

(f) 前記複数のセンサの出力のうち少なくとも一部に所定の基準を満足しないものが生じたときに所定の異常対応処理を行う異常対応手段と、をさらに備えることを特徴とする熱処理装置。

【請求項4】請求項3の熱処理装置において、

前記異常対応手段は、前記複数の発光体へのそれぞれ発光用電力の供給状態と、前記複数の光センサの出力との関係を判定して前記異常対応処理を行うことを特徴とする熱処理装置。

【請求項5】請求項1ないし請求項4のいずれかの熱処理装置において、

前記基板は円形基板であり、

前記複数の反射ミラーのそれぞれは、所定の対称軸まわりに回転対称な湾曲ミラーであることを特徴とする熱処理装置。

【請求項6】請求項5の熱処理装置において、

(a) 前記基板を前記多層ミラー構造に対して相対的に回転させる回転手段、をさらに備えることを特徴とする熱処理装置。

【請求項7】基板の熱処理に使用される光照射装置であつて、

(a) 前記基板の外形に応じた形状で、かつサイズが異な

2

る複数の反射ミラーが互いに間隔を隔ててサイズ順に同心に積層配置されてなる多層ミラー構造と、

(b) 前記複数の反射ミラーのうちの最小ミラーの中心部付近と前記間隔とのそれぞれに分散配置された複数の発光体と、を備えることを特徴とする光照射装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は基板の熱処理装置に関するもので、特に基板に光を照射して基板の加熱を行う装置における加熱の均一性確保のための改良に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体ウェハ、液晶表示装置用ガラス基板などの精密電子装置用基板（以下、「基板」と総称する）の熱処理の方式のひとつとして、ランプ光による加熱方式が使用されている。そして、このような基板加熱用に使用されるランプは、通常、棒状または球状である。

【0003】このうち棒状ランプを使用した例が、図16(a)、(b)にそれぞれ概念的な断面配置図および平面図として示されており、図16(b)のI-I断面が図16(a)に相当する。そして、この例では、複数の棒状ランプSLが平行配列されて基板（この例では半導体ウェハ）Wに対向している。

【0004】また、球状ランプを使用した例が、同様に図17に示されており、図17(b)のII-II断面が図17(a)に相当する。この例では複数の球状ランプBLが基板Wを覆うように2次元的に分散配置されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、図16に例示する棒状ランプSLの場合には、各ランプの長手方向に発光強度のばらつきがある。このため、このようなランプ群を使用した場合には基板Wの温度分布が不均一になり、基板Wにプロセス不良が生じやすい。

【0006】また、基板Wは円形であるために同心円状の温度分布が生じやすいが、それを補償しようとして各棒状ランプSLの発光量を調整しても、個々の棒状ランプSL自身の形状および複数の棒状ランプSLの配列のいずれもが、基板Wでの同心円上の温度分布とは異なる空間対称性を持っているために、基板Wにおける温度分布の不均一性を補償することは困難である。

【0007】一方、図17の球状ランプBLの場合においても、ランプ相互における発光強度のばらつきがあるために基板Wの温度分布が不均一になるという事情がある。また、基板Wにおける同心円状の温度分布をランプ相互の発光強度調整によって補償しようとしても、球状ランプBLの空間配置の対称性と基板Wの形状の対称性が対応していないために、そのような補償は困難である。仮に球状ランプBLを同心円状に配列したとしても、それぞれのランプBLが球状であるために、円周方

向における基板Wの温度分布の不均一性は十分に補償できない。

【0008】さらに、棒状ランプSおよび球状ランプBのいずれにおいても、隣接する複数のランプからの光が空間的に重畳される。このため、ランプの劣化を検出するためにランプの近傍に光センサを配置しても、どのランプからの光をその光センサが検出しているかが不明瞭になる。その結果、特定のランプが劣化してもそれを早期に検出することができず、そのような特定のランプの劣化がさらに進行することによって基板Wの温度分布の不均一性が大きくなり、基板Wのプロセス不良が生じるという問題もあった。

【0009】そして、以上のような問題は、半導体ウエハだけでなく種々の基板の熱処理においても生じる問題である。

【0010】

【発明の目的】この発明は上記の課題を解決するためになされたものであり、基板の温度分布の不均一性を的確に補償して均一な熱処理を行うことが可能な熱処理装置を提供することを第1の目的とする。

【0011】また、この発明の第2の目的は、ランプ劣化を早期に発見することにより、基板の熱処理の不良を予防することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、請求項1の発明は、光の照射によって基板の熱処理を行う装置であって、(a)前記基板の外形に応じた形状を有し、かつサイズが互いに異なる複数の反射ミラーが互いに間隔を隔ててサイズ順に同心に積層配置されてなる多層ミラー構造と、(b)前記複数の反射ミラーのうちの最小ミラーの中心部付近と前記間隔とのそれぞれに分散して配置された複数の発光体と、(c)前記発光体ごとまたは前記複数の発光体の部分集合ごとに、各発光体からの発光量を調整する発光量調整手段とを備える。

【0013】そして、前記複数の発光体からの光を前記複数の反射ミラーでそれぞれ反射させて、前記基板の同心状の複数のエリアへそれぞれ照射することを特徴とする。

【0014】請求項2の発明では、請求項1の熱処理装置において、(d)前記基板の前記複数のエリアのそれぞれの温度を計測する温度計測手段をさらに備える。

【0015】そして、前記発光量調整手段は、(c-1)前記温度計測手段によって測定された前記複数のエリアの温度と所定の目標温度との偏差に基づいて、前記複数の発光体のそれぞれへの発光電力を調整するフィードバック制御手段を備えることを特徴とする。

【0016】請求項3の発明では、請求項1または請求項2の熱処理装置において、(e)前記多層ミラー構造に付随して配置され、前記複数の発光体の発光状態を個別に検出する複数のセンサと、(f)前記複数のセンサの出

力のうち少なくとも一部に所定の基準を満足しないものが生じたときに所定の異常対応処理を行う異常対応手段とをさらに備えることを特徴とする。

【0017】請求項4の発明では、請求項3の熱処理装置において、前記異常対応手段は、前記複数の発光体へのそれぞれ発光用電力の供給状態と、前記複数の光センサの出力との関係を判定して前記異常対応処理を行うことを特徴とする。

【0018】請求項5の発明では、請求項1ないし請求項4のいずれかの熱処理装置を円形基板の熱処理に適用しており、前記複数の反射ミラーのそれぞれは、所定の対称軸まわりに回転対称な湾曲ミラーであることを特徴とする。

【0019】請求項6の発明では、請求項5の熱処理装置において、(a)前記基板を前記多層ミラー構造に対して相対的に回転させる回転手段をさらに備える。

【0020】また、この発明は基板の熱処理に使用される光照射装置も提供しており、この光照射装置は、(a)前記基板の外形に応じた形状で、かつサイズが異なる複数の反射ミラーが互いに間隔を隔ててサイズ順に同心に積層配置されてなる多層ミラー構造と、(b)前記複数の反射ミラーのうちの最小ミラーの中心部付近と前記間隔とのそれぞれに分散して配置された複数の発光体とを備える。

【0021】

【発明の実施の形態】

<基板への光照射構造の概要>図1はこの発明の実施形態である熱処理装置1の構成図であり、図2はこの装置1に含まれる光照射部100付近の概念的拡大図である。この熱処理装置1は略円形の基板(半導体ウエハ)Wに対して光照射を行い、それによって基板Wの熱処理を行う装置(いわゆるランプアニール装置)として構成されている。周知のように半導体ウエハには通常ノッチまたはオリフラーが形成されているが、それらが占める面積割合は半導体ウエハ全体の面積と比べてかなり小さく、これらによる半導体ウエハの熱分布への影響は比較的小ない。このため、以下では基板Wを近似的に円形であるとして説明する。

【0022】図1において、基板Wは開閉自在のゲートバルブ12が取り付けられた中空のチャンバ11内に導入され、サセブタ14によってほぼ水平に保持される。サセブタ14は垂直回転軸によって支持されており、モータ15からの駆動力によって水平面内で回転する。これによって、基板Wも所定の回転数で水平回転する。チャンバ11にはガス供給系からバルブ13を介して不活性ガスなどの所定のガスが供給される。

【0023】光照射部100はチャンバ11の上方に配置されている。この光照射部100はチャンバ11の上面を介して基板Wに光を照射し、それによって基板Wの全面を加熱するためのものである。石英チャンバ11お

よりサセプタ14はいずれも、光照射部100からの光を実質的に透過させるように、石英などの材料で形成されている。

【0024】図2に示すように、この光照射部100は多層ミラー構造110を有している。この多層ミラー構造110は、互いに間隔G2～G4を隔てて積層配置された4つの反射ミラー101～104を備えている。各反射ミラー101～104は、石英・耐熱ガラス・耐熱金属・耐熱性樹脂などの基材を半球面状に形成し、その上に光反射ミラー面を形成したものである。

【0025】これらの反射ミラー101～104のそれぞれは、基板Wの外形（半導体ウエハの場合は円形）に応じた対称性の形状を持つ半球状とされており、それらのサイズは互いに異なるものとされている。また、これらの反射ミラー101～104はそれらのサイズ順で配置されており、それらの中止軸が基板Wの中心軸Aに重なるように同心に配置されている。反射ミラー101～104と基板Wとの形状関係および位置関係が、図3に示されている。

【0026】図2に戻って、反射ミラー101～104のうち、最大サイズの反射ミラー104以外の3つの反射ミラー101～103はそれらの表裏両面が光反射面とされている。最大サイズの反射ミラー104については、その内側の面、すなわち基板Wに対向している側の面は光反射面とされているが、外側の面については光反射面とはされていないともよい。

【0027】また、これら4つの反射ミラー101～104のうちの最小ミラー101の中心部G1付近と、上記間隔G2～G4とのそれぞれに分散して4つの球状ランプBL1～BL4が設けられている。これらの球状ランプBL1～BL4は、各反射ミラー101～104の対称軸上（したがって基板Wの中心軸A上）に配置されている。

【0028】球状ランプBL1～BL4のそれぞれが発光することによって生じる光は、図4に一点鎖線でその一部を例示的に示すように多層ミラー構造110内の各反射面で反射された後、チャンバ11の天井面を透過して基板Wの表面の異なるエリアに到達する。なお、この図4において一点鎖線で示された光路以外にも多くの光路があるが、図の理解を容易にするためにそれらは省略している。

【0029】たとえば球状ランプBL3から出た光は、2つのミラー面すなわち第2の反射ミラー102の上面（表面）と第3の反射ミラー101の下面（裏面）における光反射作用によって間隔空間G3内ではば放射平衡状態となり、間隔空間G3の下方の開口部からチャンバ11の天井面を介して基板Wの特定のエリアにはば均一に照射される。他の球状ランプBL1、BL2、BL4についても同様である（球状ランプBL1についていは、最小ミラー101での反射のみ）。そして、各球状

ランプBL1～BL4からの光はそれぞれ固有の光路をとり、多層ミラー構造110内で混合されることはない。

【0030】図5は、基板Wの表面を示す図であり、エリアA1～A4は球状ランプBL1～BL4からの光でそれぞれ照射されるエリアを示している。多層ミラー構造110が回転対称性を持った構造とされていることに対応して、これらのエリアA1～A4も、基板Wの中心Oのまわりに同心円状に配列した円形および環状エリアとなっている。これらのエリアA1～A4の相互境界部分では、それを挟んで隣接する2つのエリアに向かれた光が部分的に重畳される。たとえば境界部B34付近では球状ランプBL4からエリアA4に向けて照射される光の一部と、球状ランプBL3からのエリアA3に向けて照射される光の一部とが重畳して照射され、それによってこの境界部B34においても十分な光量を受けることができる。

【0031】このような部分的な光の重畳があるものの、基板Wの表面の大部分では、それぞれに対応するひとつずつ球状ランプからの光が支配的である。したがって、たとえば球状ランプBL2の発光量を調整することにより、実質的にエリアA2のみについて光の照射量を調整可能である。

【0032】また、多層ミラー構造110を構成する要素が、基板Wの幾何学的対称性に対応して回転対称に形成されているため、各エリアA1～A4のそれぞれにおいて円周方向にほぼ均等な光照射を受ける。さらに、基板Wの半径方向の加熱温度の不均一性については、各球状ランプBL1～BL4の発光量を個別に調整することにより補償可能となる。

【0033】一方、図2に示すように、多層ミラー構造110内には、4つの球状ランプBL1～BL4からの光をそれぞれ個別に受光する4つの光センサ（より厳密には光センサの受光部）PS1～PS4が設けられている。このうち、第1の光センサPS1は、最小サイズの球状ランプBL1に隣接して多層ミラー構造110の最小ミラー101の中心部G1の空間内にあり、残りの光センサPS1～PS4は反射ミラー101～104間の相互間隔G2～G4において、球状ランプBL2～BL4にそれぞれ隣接している。これらの光センサPS1～PS4は、それぞれ、球状ランプBL1～BL4の発光状況を監視するために設けられており、それらで受光された光は光ファイバ束Fを構成する4本の光ファイバによって、後述する光電変換回路51（図1）に伝送される。

【0034】なお、添付の各図において「△」印が付された線路は複数の配線（電線または光ファイバ線）の並列的な束を表している。

【0035】以上のような多層ミラー構造110のさらには具体的な構成例については後に説明する。

【0036】<制御系の概要>図1に戻って、この装置1にはまた、上記の光照射部100によって基板Wを加熱するにあたって球状ランプBL1～BL4のそれぞれの発光量を調整して基板Wの温度制御を行うための温度制御器30が設けられている。基板Wのうち、各エリアA1～A4の裏側に相当する部分の温度が放射温度計測系20で個別に計測されるようになっており、これによって計測されたそれぞれのエリアA1～A4の温度値がこの温度制御器30に入力される。

【0037】具体的には、この放射温度計測系20は、並列的な4つの受光部21で受光した光を4本の光ファイバ22によってそれぞれ4つの放射温度計23に伝送し、これらの放射温度計23によって基板Wの各エリアA1～A4の放射温度を計測するように構成されている。4つの受光部21はそれぞれ、基板Wの裏面のうち各エリアA1～A4の裏側に相当する各エリアのほぼ中心から放射光を受光するように、その配置位置と受光姿勢とが決定されている。基板Wは薄いため、その裏面側から計測した温度は表面での温度と実質的に同じと見なすことが可能である。

【0038】温度制御器30は、このようにして得られた基板Wの各エリアの温度の実測値と、基板Wの加熱処理のレシピに応じてあらかじめ定められた目標温度とを比較し、その比較結果に応じた信号をゲートユニット群41に与える。このゲートユニット群41は並列的な4つのゲートユニットの集合であり、並列的に設けられた4つのサイリスタ(SCR)群42のそれぞれのためのゲート信号を生成する。

【0039】このサイリスタ群42に含まれる各サイリスタは、対応するゲート信号のレートに応じて電源電力を通過させることにより、配線束しを介して光照射部100内の4つの球状ランプBL1～BL4へと発光電力をそれぞれ供給する。4つの球状ランプBL1～BL4のうち発光電力が増加した球状ランプからは、より多くの光エネルギーが基板Wに照射され、また、発光電力が減少した球状ランプからの光エネルギーは減少する。これによって、最終的に基板Wの各エリアA1～A4がほぼ目標温度になるようなフィードバック制御が行われる。

【0040】すなわち、図1の装置1では、基板Wの各エリアA1～A4の温度についてのフィードバック制御ループを備えており、これらのフィードバックは光照射部100における4つの球状ランプBL1～BL4ごとに個別に実行され得るようになっている。基板W全体の温度を変化させるには球状ランプBL1～BL4のすべての発光量を変化させればよい。

【0041】<温度制御器の内部構成>図6は温度制御器30の内部構成を示すブロック図である。これらの各ブロックの機能はコンピュータによってソフト的に実現可能であるが、ここではハードウェア回路として示して

いる。

【0042】温度パターン設定器31には、基板Wの熱処理のレシピに応じた目標温度パターン信号が、あらかじめ上位の制御装置60(図1)から伝送されて格納されている。このような目標温度パターン信号としては、たとえば図7(a)に示すステップ的パターンや、図7(b)に示すランプ的パターンのような信号を使用することが可能である。

【0043】図6に戻って、温度パターン設定器31からはその時点での目標温度信号が読み出されて4つの減算器D1～D4に与えられる。基板Wの全域について等しい温度で熱処理をする場合には、4つの減算器D1～D4に与える目標温度信号は同一値とされる。

【0044】減算器D1～D4にはまた、図1の放射温度計23からの4つの温度実測信号がそれぞれ入力されている。減算器D1～D4は目標温度信号と温度実測信号との偏差信号を求め、それらの偏差信号を電力指令信号発生回路P1～P4にそれぞれ出力する。電力指令信号発生回路P1～P4は、PID制御演算や予測演算などによって、目標温度と実測温度との差を補償するための球状ランプBL1～BL4の発光量に対応する電力指令信号を求め、それらを図1のゲートユニット群41にそれぞれ出力する。

【0045】たとえば図5のエリアA3についての実測温度が目標温度よりも低い場合には、このエリアA3に対応する球状ランプBL3への発光電力を増加させ、エリアA3についての温度を上昇させる。そして、エリアA3についての実測温度が目標温度にはば一致した時点で球状ランプBL3へ発光電力の増加を停止し、球状ランプBL3からの発光量を一定化する。また、その後にエリアA3の実測温度が変動すると、さらにその変動を補償して目標温度に一致させる。

【0046】他のエリアA1、A2、A4についても同様であり、これによってすべてのエリアA1～A4を目標温度に保つことができるとともに、それによって基板Wの表面の全域にわたって温度を均一化できる。

【0047】この熱処理装置1では、基板Wの外形に対応した対称性を持つエリアA1～A4ごとに光照射が行われるため、基板Wの温度分布において生じやすい半径方向の不均一性を有効に回避可能である。また、多層ミラー構造110におけるそれぞれの反射ミラー101～104が同心で配置されており、各エリアA1～A4は同心円状配置された円形エリア(エリアA1)およびリング状エリア(エリアA2～A4)であるため、円周方向における不均一性も少ない。特にこの実施形態のように基板Wを回転させる装置においては、円周方向の温度の不均一性はさらに有効に防止される。

【0048】図6の温度制御器30はまた、球状ランプBL1～BL4の劣化を監視するためのランプ監視回路Q1～Q4を内蔵している。このランプ制御回路Q1～

Q4には、図1の光電変換回路51から光センサPS1～PS4での光検出信号がそれぞれ与えられる。また、電力指令信号発生回路P1～P4からその時点での発光電力指令信号もそれぞれ入力されている。ランプ制御回路Q1～Q4では、光センサPS1～PS4での光検出信号の状態と、電力指令信号発生回路P1～P4からの発光電力指令信号の状態とをそれぞれ比較し、球状ランプBL1～BL4が、それらに対応する電力指令信号に応じた発光状態になっているかどうかを判定する。

【0049】もし球状ランプBL1～BL4の少なくとも1つが電力指令信号に応じた発光状態に至っていない場合には、その球状ランプが劣化し始めたと判断し、図1の上位制御装置60へと異常信号を与える。上位制御装置60はそのような異常信号を受けると、警報表示装置61にその旨を伝達し、発光表示、ディスプレイ上の画面表示、警報音の発生などによってその異常をオペレータに知らせる。

【0050】これによって、球状ランプBL1～BL4のいずれかが大幅に劣化する前に、劣化し始めた球状ランプを新しいランプと交換することができる。これにより、ランプの劣化に起因して基板の熱処理が不均一になることを防止できる。

【0051】上記における球状ランプBL1～BL4の発光状態と電力指令信号との関係については、たとえば正常なランプについて電力指令信号に応じた発光状態をあらかじめ実測してテーブルとして記憶させておき、その時点での電力指令信号に対応した基準発光状態（基準光強度）に対して、実測された光強度がその基準光強度から所定の誤差範囲以上に逸脱した場合に、「ランプの劣化」と判定することが可能である。

【0052】<光照射部100の具体例>図8(a)は、図1の光照射部100の第1の具体例としての光照射部100Aを示す部分拡大図である。例示的に反射ミラー102について見れば、この反射ミラー102から球状ランプBL2が耐熱性ソケットなどを使用して吊り下げられており、また、光センサPS2は、球状ランプBL2の近傍の側部において反射ミラー102に取り付けられている。球状ランプBL2への発光電力供給配線L2は反射ミラー102を貫通させて、上方の間隔空間G2に引き出す。下方の反射ミラー101から伸びる配線L1についても反射ミラー102を貫いて間隔空間G2に引き出す。

【0053】また光センサPS2についても、それ受光した光を伝送するための光ファイバF2が、下方の光センサPS1からの光ファイバF1とともに反射ミラー102を貫通して引き出されている。

【0054】図8(b)に例示するように、このような配線を可能とするための貫通孔102hが反射ミラー102に形成されている。

【0055】この図8には反射ミラー101, 102の

みが示されているが、上記の事情はすべての反射ミラー101～104について同様である。すなわち、反射ミラー101～104のそれには球状ランプBL1～BL4が耐熱性ソケットなどを使用して個別に取り付けられており、光センサPS1～PS4もまた球状ランプBL1～BL4の近傍側部において反射ミラー101～104に取り付けられ、各球状ランプBL1～BL4からの光を検出可能とされている。

【0056】各球状ランプBL1～BL4への発光電力供給配線L1, L2, …は、多層ミラー構造110内の反射ミラー101～104を順次に貫いて上方に伸び、これらの束が図1の配線束Lとなる。光センサPS1～PS4についても、それぞれで受光した光を伝送するための光ファイバF1, F2, …が反射ミラー101～104を順次に貫通して引き出されており、それらが図1のファイバ束Fになっている。そして、各反射ミラー101～104には、電力配線L1, L2, …および光ファイバF1, F2, …を通すための貫通孔が形成されている。

【0057】なお、電力配線L1, L2, …はそれぞれ一本の線で描かれているが、それぞれ電圧印加線とアース線とのペアとなっている。

【0058】このようにして球状ランプBL1～BL4および光センサPS1～PS4を配置しつつ、多層ミラー構造110の各反射ミラー101～104の相互の距離を維持するためには、たとえば、反射ミラー101～104の相互の間に石英などの耐熱性かつ光透過性材料で形成されたスペーサを介挿させてもよい。また、図9に示すように、多層ミラー構造110の光照射口側（下側）に、石英などの耐熱性かつ光透過性材料で形成されたフェイスプレート115を配置し、このフェイスプレート115で各反射ミラー101～104を着脱自在に支持してもよい。この場合、フェイスプレート115には各反射ミラー101～104の位置決めのための溝115aを形成しておくことができる。

【0059】このような支持方式を採用することによって、多層ミラー構造110を各反射ミラー101～104へと容易に分解することができ、それによって球状ランプBL1～BL4のうち劣化したものを新たなランプに交換することが容易となる。

【0060】図10は、図1の光照射部100として利用可能な第2の具体例としての光照射部100Bの部分拡大図である。この光照射部100Bにおいては個別の球状ランプではなく、4つの球状ランプを一体化した連結ランプCBを使用している。この連結ランプCBは、耐熱性かつ光透過性の材料を成形することによって、4つの球状バルブ部分B1～B4（B4は図示されていない）がネック部Nで順次に連結された構造とされている。各球状バルブ部分B1～B4中には、それぞれ発光フィラメントR1～R4（R4は図示されていない）が

11

配置されているとともに、それぞれの発光フィラメントR1～R4の近傍には、光センサPS1～PS4が球状バルブ部分B1～B4の内壁面側から支持されている。

【0061】球状バルブ部分B1～B4への発光電力配線L1、L2、…は、連結ランプCBの中を通ってこの連結ランプCBの頂部から引き出されて配線束Jとなる。光センサPS1～PS4からの光ファイバF1、F2、…もまた連結ランプCBの中を通って連結ランプCBの頂部から引き出されて、光ファイバ束Fとして図1の光電変換回路51に接続されている。

【0062】連結ランプCBの中におけるこれらの配線L1、L2、…は、支持突起Jによって連結ランプCBの内壁面側から支持されることができる。光ファイバF1、F2、…についても同様の支持構造を利用することができる。

【0063】このように、この発明における「発光体」とは図7のような個別のランプBL1、BL2、…だけでなく、図10のように連結されたランプにおけるそれぞれのフィラメントR1、R2…をも包含する概念である。

【0064】ところで、図10の例においては連結ランプCBのネック部Nを通すために、反射ミラー101～104には貫通孔Hを形成しておく必要がある。ところが、基板Wの熱処理の際に各フィラメントR1、R2…からの光を相互に分離して、それらを基板Wのエリア（ゾーン）ごとに割り当てるには、この貫通孔Hの径はネック部Nの径より若干大きい程度である方がよい。それは、この貫通孔Hの系があり大きいと、ひとつのフィラメントからの光がその貫通孔Hを通過して他のフィラメントの空間に漏れてしまうためである。

【0065】ところが、そのように貫通孔Hの径を小さめにすると、連結ランプCBを多層ミラー構造110中に組み込むことができなくなる。この問題を解決するためには、たとえば、図11に示すように多層ミラー構造110の各反射ミラー101～104を右半部101R～101Rと左半部101L～104Rへそれぞれ半割可能に構成し、図11中に二重矢印で示すようにそれらを広げた状態で連結ランプCBを組み付け、その後に右半部101R～101Rと左半部101L～104Rとを連結して図10のようにすることができる。反射ミラー101～104の相互間隔の維持は、図9の例などと同様に行うことが可能である。

【0066】なお、連結ランプCBを使用する場合には、フィラメントR1～R4のいずれかが劣化し始めると、連結ランプCBの全体を新しいものと交換する。

【0067】<変形例>図12は多層ミラー構造110における各反射ミラー101～104の他の構成例を、代表的にひとつの反射ミラーMとして示す図である。この反射ミラーMは密閉された二重構造とされ、その間隙空間106には供給口107から排出口108へ向けて

12

冷却水を通す。この図12のような構造を使用することによって、基板Wの熱処理時における反射ミラー101～104の温度上昇を低減することができる。

【0068】図13は図1の放射温度計測系20の代替として使用可能な構成を示す。この例では、基板Wの裏面のうち図5の各エリアA1～A4の少なくとも一部ずつを画角内に含むように、サーモグラフ24が石英チャンバー11の下方に配置されている。このサーモグラフ24によって得られた2次元温度分布画像は画像処理回路25へ与えられる。この2次元温度分布画像は、エリアA1～A4のそれぞれに相当する部分に分割され、それぞれのエリアごとの平均温度などが算出されて図1の温度制御器30に出力され、図1の球状ランプBL1～BL4または図9の各フィラメントR1、R2、…のフィードバック制御に使用される。基板全体野の平均温度もこのサーモグラフ24の出力の全体平均値から得ることができ、基板全体の温度を一様に変化させることも可能である。

【0069】このようなサーモグラフは放射温度計測系20の完全な代替として使用してもよく、放射温度計測系20と組み合わせて使用してもよい。たとえば、基板Wの全体温度は放射温度計測系20で、また温度分布はサーモグラフで得るようにしてよい。

【0070】図1の例では、基板Wとして半導体ウェハすなわち実質的に円形の基板を対象にした装置となっているが、この発明は他の平面形状を有する基板の熱処理用に構成することもできる。図14は矩形の液晶表示装置用ガラス基板GWの熱処理用に構成した光照射部100Cの要部斜視図である。この光照射部100Cでは各反射ミラー101C～104Cの上部は球面に近いが、下端側部分すなわち基板GWに対向する部分が、基板GWの外形すなわち矩形に応じてほぼ矩形の形状とされている。

【0071】従って、各球状ランプBL1～BL4からの光は、図15のように基板GW上で同心状の複数の矩形的エリアRA1～RA4にそれぞれ照射されることになる。ただし、反射ミラー101C～104Cの形状は完全な相似形ではなく、内側の反射ミラー101Cでは円形ないしは橢円形に近い矩形であり、最外部の反射ミラー104Cでは矩形性を強くしている。このため、矩形的エリアRA1～RA4は外側ほど矩形性が強い。

【0072】矩形の基板GWの場合には、その温度分布は特にその外側付近で矩形の対称性を持つようになる。このため、図15のような対称性を持たせることにより、基板GWの温度分布の不均一性を補償するにあたって、そのような温度分布の対称性を反映することが可能となる。すなわち、温度の上昇または下降が必要な領域のみ、光の照射量を増加または減少させることが可能になる。このような矩形の基板GWに多層ミラー構造110を適用する場合には、基板GWを回転させなくてよ

い。

【0073】般に、この発明で使用される多層ミラー構造は、基板の外形に応じた形状を有し、かつサイズが互いに異なる複数の反射ミラーを互いに間隔を隔ててサイズ順に同心に積層配置することにより構成されるものである。

【0074】また、発光体ごとに光量調整をすることが好ましいが、たとえば図2の例において球状ランプBL1～BL4のうち内側の2つのランプBL1、BL2を一組として発光量の調整を行い、外側の2つのランプBL3、BL4を別の一組として発光量の調整をしてもよい。すなわち、複数の発光体の部分集合ごとに発光量を調整することも、この発明の範囲に含まれる。図2の中心部G1および間隔空間G2～G4のそれぞれに複数の発光体を配置してもよい。この場合、発光体ごとに光センサを配置することが好ましい。

【0075】基板が円形基板の場合、上記実施形態のような半球状だけでなく、放物面状などのように、所定の対称軸まわりに回転対称な他の様の弯曲ミラーを使用することもできる。基板の回転は光照射部に対して相対的に行けばよく、光照射部側を回転させてもかまわない。

【0076】ランプの劣化を検出する手段としては、光センサを使用するものだけでなく、それぞれのランプ（または連結ランプの場合は各フィラメント）の近傍に温度計を配置し、その位置での温度状態からランプの状態を検知してもよい。

【0077】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の熱処理装置では基板の外形に応じた形状を持ち、かつサイズが異なる複数の反射ミラーの積層によって構成された多層ミラー構造を使用することにより、基板における温度分布の幾何学的対称性に応じて分けられたエリアごとの温度調整が可能となる。

【0078】その結果、基板における温度分布の不均一性を的確に補償して、基板の熱処理の空間的均一性を確保することが可能である。

【0079】特に、請求項2の発明では各発光体による被照射エリアごとに基板温度を実測し、それに基づいて各発光体の発光量のフィードバック制御がなされるため、基板の温度分布の変化に対して的確に対応可能である。

【0080】また、請求項3の発明では、発光体ごとの発光状態を個別に検知可能であるため、どの発光体が劣化し始めているかを早期かつ的確に知ることができ、発光体の交換などの措置を施すことができる。このため、基板への熱処理の不良の発生を未然に防止可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の1実施形態である熱処理装置100の構成図である。

【図2】熱処理装置1に含まれる光照射部100付近の概念的大図である。

【図3】反射ミラー101～104と基板Wとの形状関係および位置関係を示す図である。

【図4】多層ミラー構造110における光の反射を示す図である。

10 【図5】基板Wの表面を示す図である。

【図6】温度制御器30の内部構成を示すブロック図である。

【図7】基板の目標温度パターンの例を示す図である。

【図8】光照射部の構成例を示す部分拡大図である。

【図9】多層ミラー構造における反射ミラー101～104の相互間隔維持手段の例を示す図である。

【図10】連結ランプを使用した光照射部の構成例を示す部分拡大図である。

20 【図11】連結ランプを使用した光照射部の組み付け構成例を示す図である。

【図12】反射ミラーの水冷構造の例を示す図である。

【図13】サーモグラフを利用して基板の温度分布測定の例を示す図である。

【図14】矩形基板GWへのこの発明の適用例を示す図である。

【図15】矩形基板GWでの温度分布例を示す図である。

【図16】棒状ランプを使用した従来の熱処理装置の概念的な配置図である。

30 【図17】球状ランプを使用した従来の熱処理装置の概念的な配置図である。

【符号の説明】

1 热処理装置

100、100A、100B、100C 光照射部

110 多層ミラー構造

101～104 反射ミラー

BL1～BL4 球状ランプ

R1、R2、… フィラメント

PS1～PS4 光センサ

40 A 中心軸

W 基板

GW 矩形基板

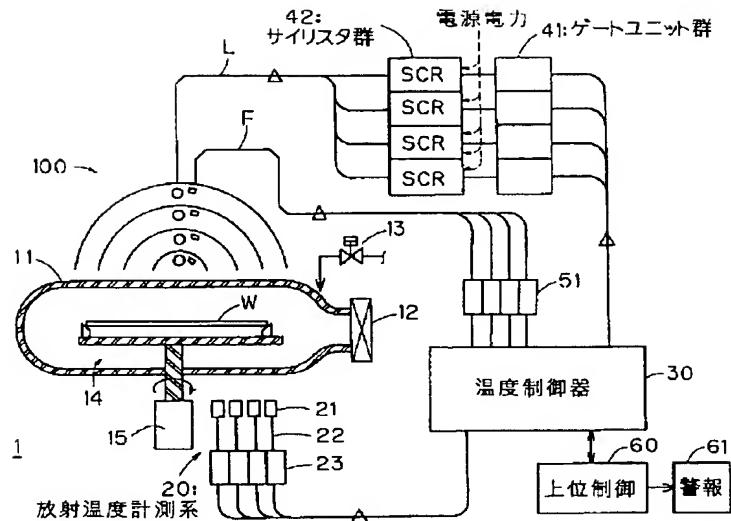
A1～A4 基板表面の同心状エリア

C B 連結ランプ

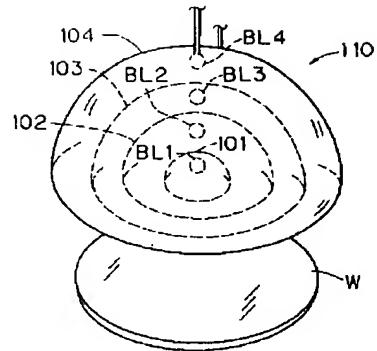
G1 多層ミラー構造の最小ミラーの中心部

G2～G4 反射ミラーの相互間隔空間

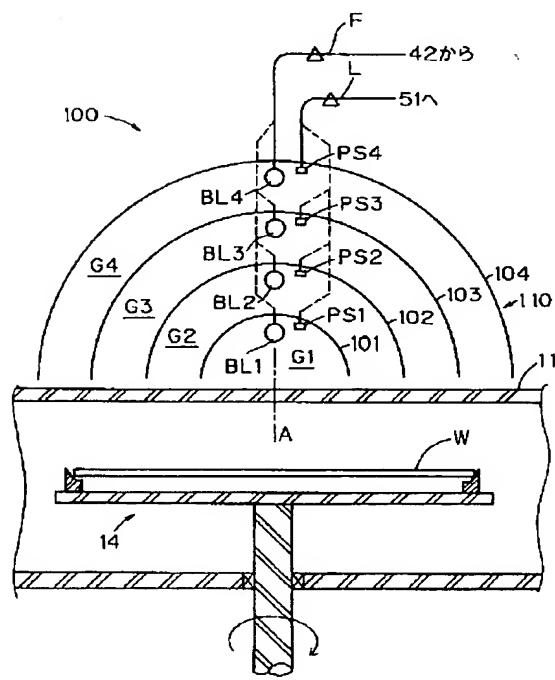
〔四一〕



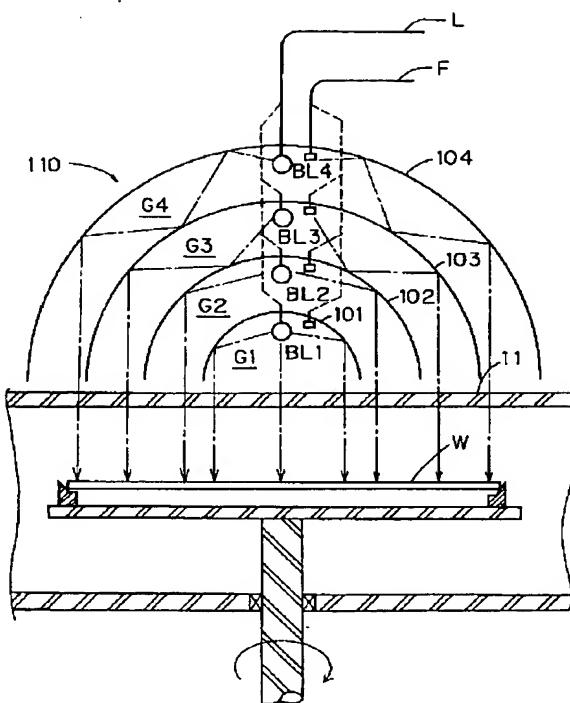
[図 3]



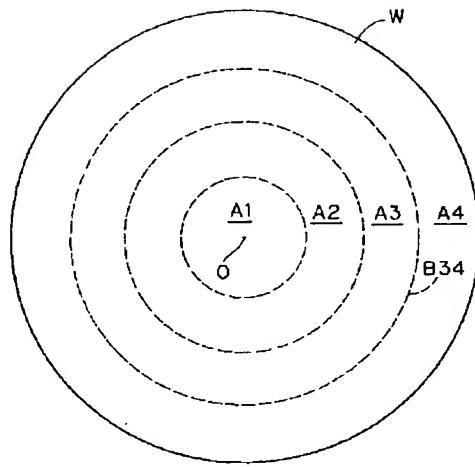
[図2]



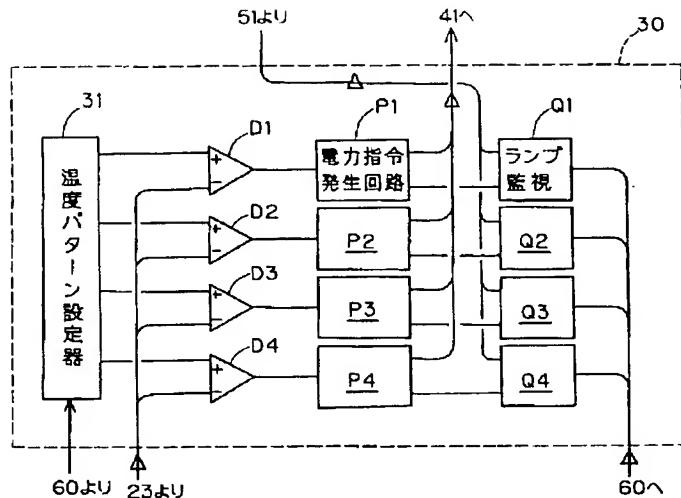
[図4]



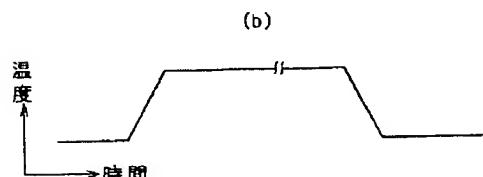
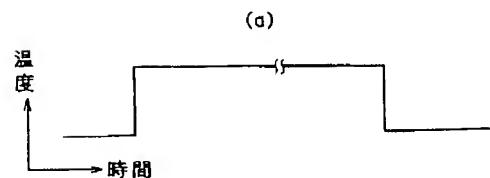
【図5】



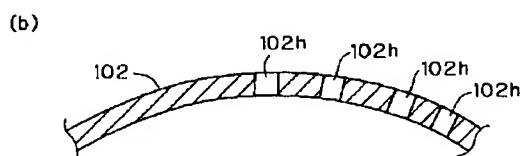
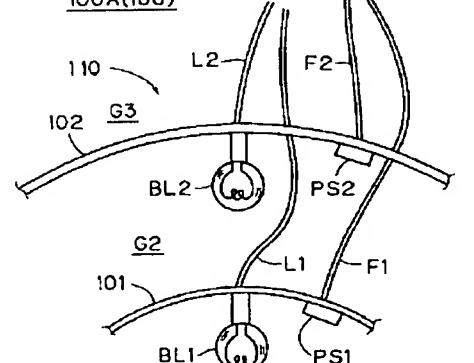
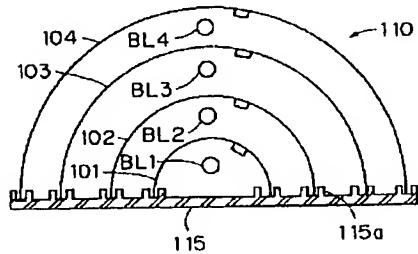
【図6】



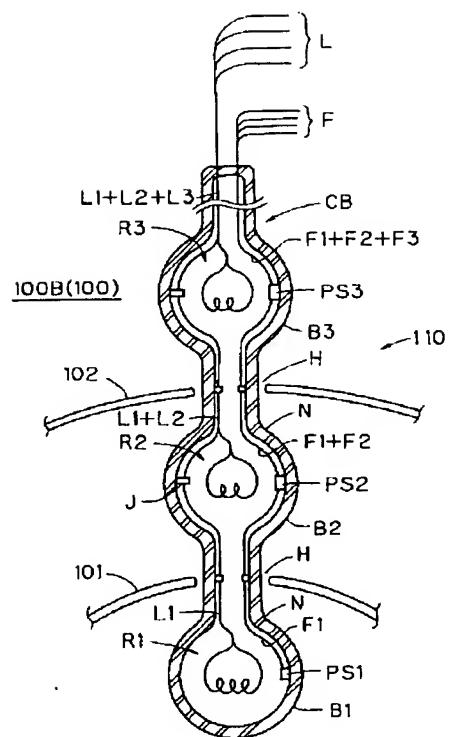
【図7】



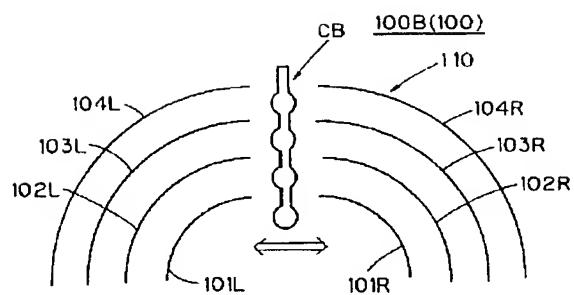
【図8】

100A(100)

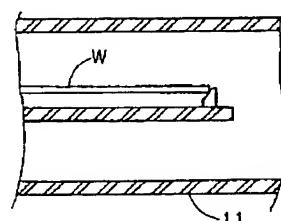
【図10】



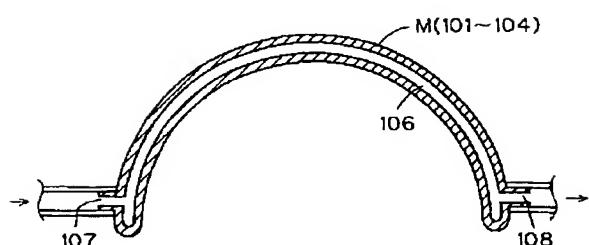
【図11】



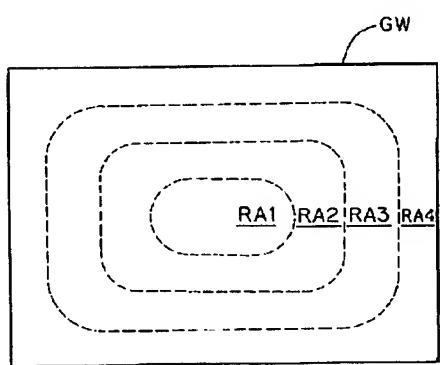
【図13】



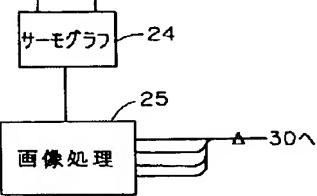
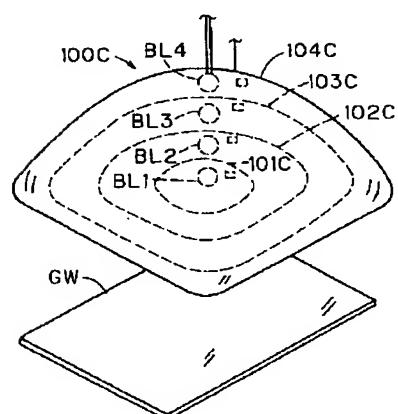
【図12】



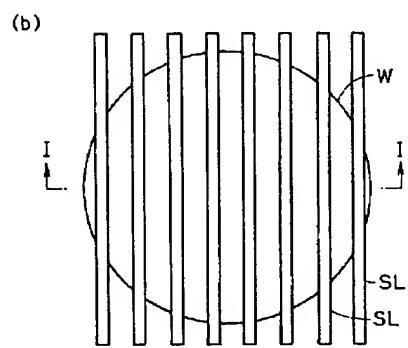
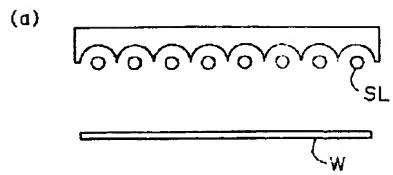
【図15】



【図14】



【図16】



【図17】

